

3. 道路陥没と下水管渠の関連に関する実態調査

3. 1 調査概要

下水管渠の老朽化・劣化は、終局的に破損に至り、道路陥没や管の閉塞などを引き起こす場合がある。そこで、管渠の老朽化の状況、及びその周辺地盤への影響の実態を把握し今後の検討の基礎データとするために、東京都区部など7都市を対象に道路陥没事例と下水管や周辺地盤状況の関連を調査した。

下水道管渠を敷設した道路で陥没が発生した現場において、陥没や管渠の概要及び周辺地盤などについて、自治体へのヒアリング及びアンケート調査を行った。対象とした都市は、管路施設の維持管理に積極的に取り組んでいるとみられる都市を選定し、仙台市、東京都区部、町田市、横須賀市、新潟市、名古屋市、福岡市の7都市とした。

3. 2 調査結果

道路陥没が発生した場合、緊急に対応される事が多いため、陥没状況に関する詳細な資料やデータは少ない。調査対象都市のうち、アンケート調査に対して2都市(D市、E市)から回答が得られ、計172件の事例が得られた。さらにヒアリングで具体的なデータを収集できたのが2都市(A市、F市)あり、その他の都市ではそれぞれの都市における総括的な情報を入手した。

3. 2. 1 陥没の要因

陥没の要因となる下水管渠の損傷原因として以下のものが挙げられた。

- ・ 自然破壊： 老朽化や劣化による破壊
- ・ 他工事破壊： 水道やガスなどの他工事による破壊
- ・ 施工不良： 取付管の目地、接合部、埋戻し等の施工不良
- ・ 閉塞不良： 不使用管の閉塞不良

個々の事例における損傷原因を明確に把握するのは困難であるが、老朽化等の自然破壊と施工不良が大半の要因となっている都市が多い。

3. 2. 2 管の破損状況

道路陥没に至った下水道管渠の損傷状況の内訳を表-1に示す。

表-1 道路陥没部の下水道管渠の損傷状況

	破損	クラック	ズレ、段差、隙間	その他	不明
A市(215件)	49%	5%	42%	4%	—
E市(157件)	29%	5%	47%	4%	15%

破損、クラック等の何らかの原因による管渠本体の損傷に加え、ズレ、段差、隙間など施工不良等に起因するものが多い。破損に至らないまでも継ぎ目のズレ程度の軽微な損傷でも陥没を引き起こすケースが多いといえる。陥没は内空1m³以下のものが多い。大きな管の破損が生じた場合は短期間に大規模な陥没が発生する。

3. 2. 3 埋設年代と方法

アンケート調査で回答を得られたD市、E市(172件)の、道路陥没部の下水管の埋設年代は、昭和45年以前；44%、昭和45～50年；35%、昭和51～55年；8%、昭和56～60年；6%、昭和61年以降；5%、不明；2%となっている。

D市、E市では道路陥没部の損傷下水管渠の埋設年代は昭和50年以前が79%を占めている。西山ら(2003)の新潟市における下水管渠の布設経過年数と単位長さあたり異常箇所数の調査例によると、経過年数

25年超で管渠異常箇所（TVカメラ調査によるクラック、侵入水等）が増える傾向が報告されているが、本調査の場合も同様に、埋設後25～30年程度で老朽化の影響が顕著になるとと思われる。なお、その他に、昭和50年付近を境として取付管の管種が陶管から塩ビ管に変わったことが影響している可能性がある。

埋設方法は開削が大部分で推進工法は1事例のみであった。

3.2.4 管種と管径

アンケート調査で回答を得られたE市(157件)のデータより、道路陥没部の下水管の管種を整理すると、陶管39%、ヒューム管25%、塩ビ管10%、その他2%、不明24%であった。またDおよびE市の計172件のデータから、φ150が50%、φ200が2%、φ250以上が23%、不明が25%であった。

道路陥没部の下水管渠は敷設年代の古い陶管が多く、次いでヒューム管、塩ビ管となっている。これは西山ら(2003)の新潟市における管種と単位長さあたり異常箇所の調査例とほぼ同様の傾向である。塩ビ管も道路陥没事例の10%にのぼり、その破損原因は施工不良が半分を占めている。

陥没事故は取付管部に多く発生し、50～80%程度を占める。特に本管との接続部に多い。また本管では人孔周辺部に問題が多いとのことである。管径は取付管が多いことからφ150が半分を占めている。

3.2.5 埋設条件

周辺地盤、埋設材料、地下水などの影響については、データが少なく分析ができなかった。ヒアリングによると埋戻し材料として砂を使用しているところが多く、陥没箇所も砂質土が大半のようであった。

3.2.6 その他の要因

図-1にA市における平成14年度の月別道路陥没件数を示す。下水施設に関連する陥没は、5月から9月の多雨の時期に多いことがわかる。ヒアリングの中でも、降雨の多い年、及びその翌年に陥没件数が多いという話があった。図-2にF市における平成10年度から12年度の月別陥没件数を降水量と共に示す。ここでも春から秋にかけて雨の多い時期に陥没件数が多い傾向がうかがえる。

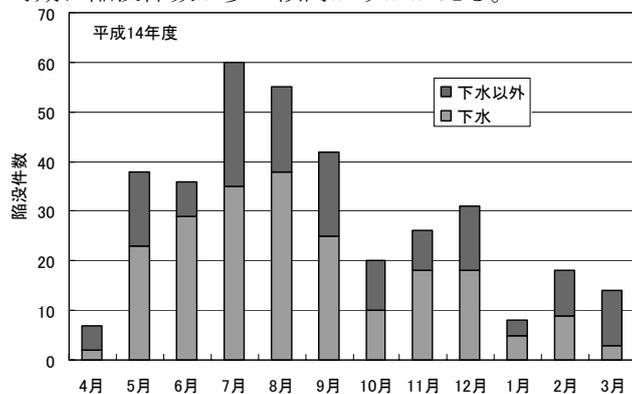


図-1 月別道路陥没件数 (A市、平成14年度)

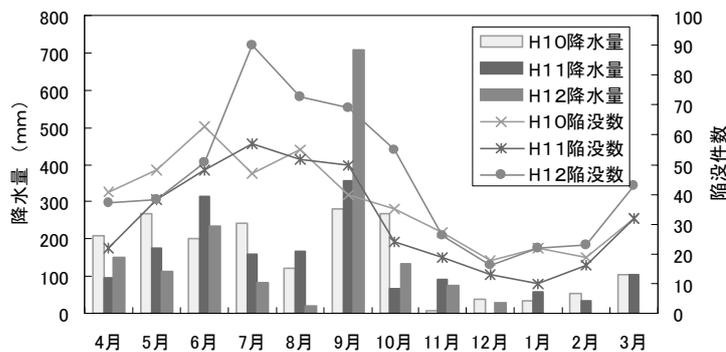


図-2 道路陥没と降雨の関係 (F市)

3. 3 まとめ

道路陥没に至るような地盤のゆるみ・乱れと下水管渠の状況の関連について基礎データを得るため実態調査を行ったところ、以下の傾向があることがわかった。

- ・ 道路陥没を引き起こす下水管渠の損傷は破損に至るような大きな損傷の他、ズレや隙間などの軽微なものも多い。
- ・ 損傷原因は老朽化、施工不良、他工事破損等があげられる。
- ・ 埋設後25年以上経過した管渠に損傷が多い。
- ・ 道路陥没と関連が深いのは、取付管、小口径管、管種としては陶管、ヒューム管である。
- ・ 道路陥没には降雨が強く影響している。

4. 移動床土槽による埋設構造物模型の土圧測定実験

埋設管の変形に伴う地盤との相互作用による土圧変化とその時間依存性について、平成13～15年度に土槽中央部の底版を降下させる移動床実験で検討したところ以下のことがわかった。

- ・ 埋設管に作用する土圧は、埋設による管のわずかな変位が地盤内応力の再分配をおこし、アーチ効果が作用することにより大きく変化（減少）する。
- ・ 移動床実験では、（ゆるみ）土圧と変位の関係はその速度履歴にあまり影響されない。細粒分を含んだ砂を用いた実験ではアーチ効果の形成に、より大きな変位を必要とすることが分かった。
- ・ アーチ効果の形成によって変化した移動床に作用する荷重は、その幅に影響されるが、土被り厚の大きさにはあまり影響されない。
- ・ 移動床上に形成されたアーチ効果は、その後降下床を微小に上下することによって攪乱がみられる。その攪乱の程度は、細粒分を含んだ砂のほうが小さい。
- ・ アーチ効果が発揮された地盤に上載荷重を繰り返し載荷させても、アーチ効果は攪乱されない。

すなわち、埋設後一旦安定した作用土圧は、その後の埋設管周辺地盤に相対変位（乱れ）が生じると変化する可能性があるが、乱れが生じない程度の上載荷重の変化であれば大きな影響を与えないことがわかった。

上述の実験は、埋設管頂部の変形(陥没)または溝型の埋設形式を模擬しているといえる。本年度は移動床土槽中央部に埋設構造物模型を設置し、左右の底版を降下させることにより周辺地盤の沈下、あるいは突出型の埋設形式を模擬し、作用土圧及びその時間経過による変化特性を調べた。

4. 1 実験装置及び方法

土槽寸法は幅100cm×奥行60cm×高さ60cmで、分割底版の中央部110mmに埋設構造物模型(幅110mm×高さ110mm)が設置されている。埋設構造物模型は管形状が望ましいが、土圧計配置が困難であるため矩形とした。なおこれは剛性構造物を想定し、中詰めを施している。土圧計は埋設構造物模型の頂部3箇所(土圧計③④⑤)と左右側部1箇所ずつ(土圧計②⑥)、及び左右の土槽底版1箇所ずつ(土圧計①⑦)に配置した。

地盤材料には豊浦標準砂と細粒分混じり砂の2種類を使用し、所定の密度に1層2.5cmで敷き均し所定の高さ(土被り11cm～44cm:地盤高22cm～55cm)まで盛り立てた。移動床は変位速度0.1mm/分で1mmまで降下させ、降下停止後少なくとも20分間は土圧測定を継続した。実験ケースを表-2に示す。

表-2 移動床実験ケース

ケース	地盤材料	土被り	密度	実験内容
1	豊浦標準砂	44cm	1.57g/cm ³	1mm 降下後放置
2	豊浦標準砂	11cm 22cm 33cm 44cm	1.57g/cm ³	各土被りにて 1mm 降下後 20 分放置 (計 4mm 降下)
3	豊浦標準砂+ 細粒分(20%)	44cm	1.53g/cm ³	1mm 降下後放置

4.2 実験結果

図-3にケース1で得られた移動床の a)降下時の降下変位と土圧の関係、及び b)降下停止後の経過時間と土圧の関係を示す。個々の土圧計測定値にはバラツキがあったが、設置位置ごとの概略の傾向は似通っていたため、土槽底部部の土圧は土圧計①と⑦を、側部は土圧計②と⑥を、頂部は土圧計③～⑤を平均した。また、a)図中の破線は土圧計設置位置の土被り厚から計算される理論土圧を示している。

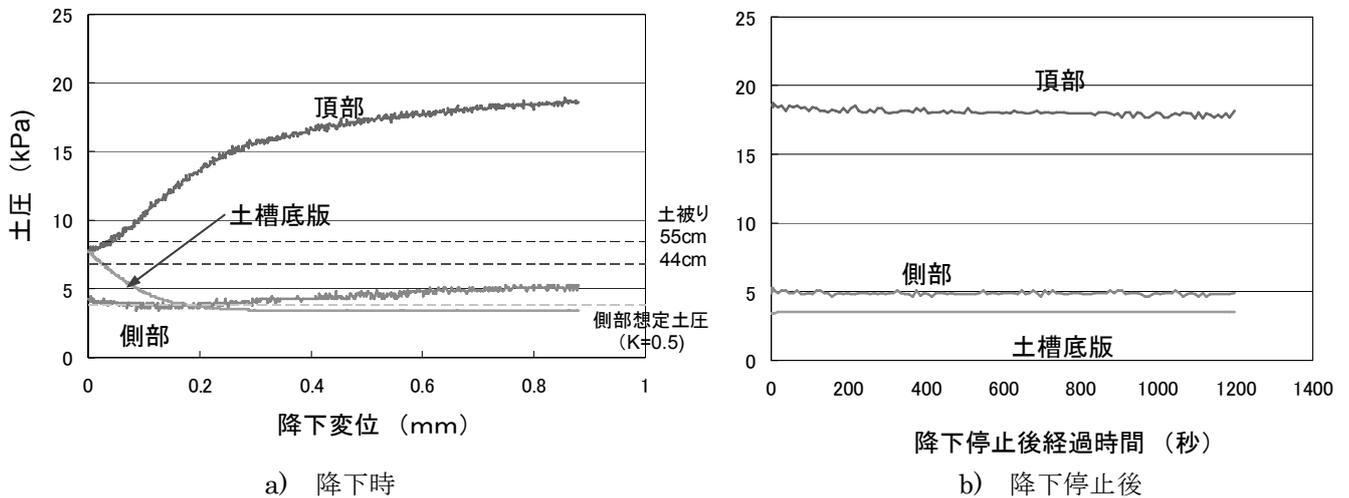


図-3 周辺地盤の変位による埋設構造物の作用土圧変化 (ケース1: 豊浦砂 4h)

埋設構造物模型の周辺地盤の沈下に伴い、頂部に作用する土圧が増大し、土槽底部部の土圧は減少した。頂部土圧は変位0.3mmで実験開始時の2倍程度になり、その後はゆるやかに増加を続け降下停止時(変位0.9mm)には2.4倍となった。側壁の作用土圧は実験開始時に土被り圧の約0.5倍だったが、降下と共にわずかに増加した。降下停止後約20分間の土圧は、ほとんど変化が見られない。それ以上長時間放置した記録も収集したが、周辺温度の変化等による影響の評価などさらなる検討が必要である。

ケース2は、埋設構造物模型高さをhとして、1h、2h、3h、4hの土被り厚に段階的に盛り立て、1段階につき約1mmの降下変位を与えたものである。図-4には各段階の盛り立て時の土圧に対する頂部土圧の増加割合を示す。測定値のバラツキが大きいため図-4ではスムージングを施している。これらから、土被り厚が大きくなるほど移動床降下による頂部土圧の増分が大きくなるが、初期値に対する増加割合という観点では土被り厚1hを除いてほぼ一定値(1.3~1.5)であること、各段階の土圧増加は0.2~0.3mm程度のわずかな変位でほとんどが発生すること、土圧の増分は累積していくことがわかる。

また図-5にはケース1とケース3で得られた頂部土圧の増加割合を示す。細粒分混じり砂では最終的な増加割合は1.5程度で豊浦砂地盤の2.4よりも大幅に小さい値となった。一方、土圧の変化が収束するのに要す

る変位は細粒分混じり砂の方が大きい。今後地盤材料の物理・力学特性とこれらの挙動との関連を調べたい。

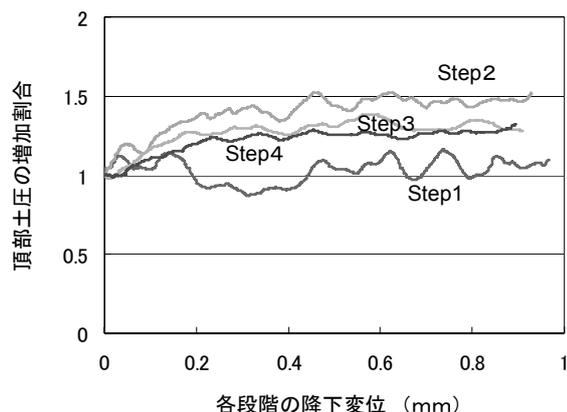


図-4 盛立て各段階の頂部土圧の増加割合 (ケース2)

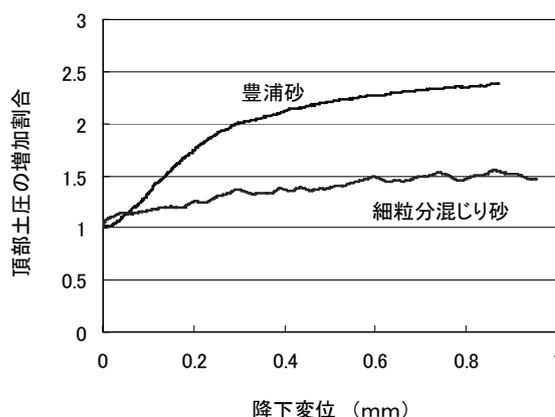


図-5 頂部土圧の増加割合 (ケース1 & 3)

4. 3 まとめ

移動床実験により埋設構造物の作用土圧について調べた。得られた知見、及びそれらから示唆されることは以下の通りである。

- ・ 周辺地盤の沈下によって土圧の作用形態が突出型になると、わずかな沈下で埋設構造物に作用する土圧は増大する。
- ・ 一旦発生した土圧増分は、その後の時間経過や上載などによって解消することなく逐次累積する。
- ・ 裏込材によって土圧増分特性は異なる。裏込材自体が良好に施工されていても、埋設構造物の基礎部以深が沈下すると、かえって大きな土圧増分が発生する可能性がある。

5. まとめ

長期間にわたる埋設環境において“ゆるみにくい”地盤の埋設条件を明らかにすることを目的として、まず下水管渠の状況が周辺地盤に与える影響の実態を把握するため、道路陥没と下水管渠状況の関連の実態調査を行った。また、移動床土槽による埋設構造物模型の土圧測定実験を行い、周辺地盤の変形に伴う作用土圧の変化について調べた。それぞれの検討から得られた主要な知見は以下の通りである。

- ・ 道路陥没を引き起こす下水管渠の損傷は、埋設後25年以上経過した管渠に多く見られ、全体の破損に至るような大きな損傷の他、ズレや隙間のような軽微な損傷も多い。
- ・ 道路陥没には降雨が強く影響している。
- ・ 周辺地盤のわずかな不同沈下により埋設構造物に作用する土圧は増大する。一旦発生した土圧増分はその後も残留し累積する。
- ・ 地盤材料によって不同沈下に伴う土圧増分特性は異なる。